

LES CARENES

De plus en plus utilisés dans le monde de la compétition vélique, les tests en bassin de carène constituent une solution relativement peu coûteuse, permettant d'établir une prédiction de performance, et ainsi d'éviter des erreurs architecturales irréversibles.

Prédire la performance

La prédiction de la vitesse d'un navire passe par l'étude du "moteur" (gréement), qui s'équilibre parfaitement avec celle du "frein"

constitué par la carène.

L'architecte naval travaille

donc principalement afin d'optimiser chacun de ces 2 paramètres. Sur un voilier, d'autres forces, ou moments, s'équilibrent et influent sur la performance : enfoncement, assiette, gîte, dérive... en sont les résultantes. Si l'on prend comme exemple la gîte, le couple de redressement du bateau - qui dépend principalement de la

position du centre de gravité, de la forme de la carène et des efforts hydrodynamiques - va s'opposer à la force latérale du plan de voilure (composante non propulsive). L'architecte ne cherche donc pas à tout prix à réduire la trainée, mais plutôt à optimiser les performances globales du voilier en navigation. Pour la gîte par exemple,

il s'agit d'estimer le prix à payer en termes de trainée (augmentation de la largeur) pour pouvoir porter plus de toile. Evaluer les performances d'un voilier passe donc par l'étude complète de chacun de ces paramètres, facilitée par des tests réalisés sur des maquettes en bassin de traction.

De quoi la résistance est-elle composée?

Pour schématiser, la résistance à l'avancement du bateau se scinde en

deux parties, plus ou moins égales. Il y a tout d'abord la résistance de frottement qui dépend principalement de la surface mouillée du bateau (donc facilement calculable), et la résistance résiduelle qui regroupe tous les autres termes : résistance de vague (ultra-majoritaire), résistance tourbillonnaire, résistance de déferlement... Chacune de ces composantes varie de manière individuelle en fonction de la vitesse ou de l'attitude du voilier, et la résistance totale du bateau est donc la somme de ces entités. Cette décomposition en résistance de frottement et de résistance de vague est la base de la théorie de Froude (inventeur des tests en bassin, voir encadré) qui permet d'extrapoler les résultats obtenus sur des maquettes en bassin à des valeurs pour le voilier au réel.

Comment procéder aux tests ?

maquette de la carène que l'on souhaite tester. On tâche de faire des maquettes suffisamment grandes pour minimiser les imprécisions de mesures, les incertitudes liées à l'extrapolation à l'échelle réelle, et pour avoir un écoulement similaire au réel (écoulement turbulent). La maquette est connectée à une

Pour faire un essai en bassin, il faut tout d'abord construire une

"balance" qui permet de mesurer les efforts et moments s'appliquant au navire, ainsi que l'attitude dynamique du voilier (enfoncement et assiette). Cette balance est fixée à la plate-forme qui circule sur des rails. Dans les grands bassins comme le B600 de la DGA de Val de Reuil, les rails sont même courbés de plusieurs millimètres pour épouser la rotondité de la terre. La taille du bassin est un paramètre important puisque les mesures doivent être réalisées à vitesse constante. Il faut donc exclure les mesures lors des phases d'accélération et de ralentissement de la plate-forme qui sont identiques quel que soit la taille du bassin. La maquette est trainée à une vitesse proportionnelle à celle du réel, de sorte que le système de vagues produit par la maquette est exactement le même que celui produit par le bateau au réel.

TYPIQUEMENT, LA PROCÉDURE DE TEST EST LA SUIVANTE:

- Pesée de la maquette
- Positionnement du bateau sous la plate-forme à 0 degrés de gîte.
- Premiers "runs" de calage à basse vitesse pour aligner le voilier dans l'axe du bassin en vérifiant que les efforts sont symétriques (bâbord / tribord).
- Les runs suivants se déroulent à très basse vitesse (résistance de frottement ultra-majoritaire) et permettent d'extraire un coefficient de forme corrigeant les formules simples basées sur la surface mouillée de la carène.
- Puis, dans un quatrième temps, on réalise une matrice de test pouvant contenir entre 100 et 200



© G. Verdier

Tests effectués par l'auteur, mesurant les efforts dynamiques subis par les bras de Primagaz dans un spectrum de vagues type de l'Atlantique Nord.

points de mesure, en modifiant les différents paramètres à notre disposition comme la vitesse, la gîte et la dérive du voilier. Pour chaque vitesse il est en plus nécessaire de caler le bateau en assiette longitudinale afin de simuler l'effet de la poussée vélique qui tend à mettre le bateau sur le nez. Certains bassins de carènes tels que le DMI (Danemark) tirent pour cette raison le bateau par le centre de poussée vélique.

Les tests en bassins de carène offrent donc un outil formidable à l'architecte naval, lui permettant de quantifier la résistance qui constitue le frein du bateau, et qui dépend fortement de la forme de la carène. Ils permettent aussi de simuler les efforts sur houle, et donc d'estimer les efforts de structure. Ces bassins physiques sont aujourd'hui de plus en plus complétés par des bassins de carène numériques avec des codes de CFD (Computational Fluid Dynamics) tels que le code ICARE (Ecole Centrale de Nantes / Bassin d'essais des carènes DGA) qui permet de résoudre des équa-

tions complexes en fluide réel. L'architecte procède au final à l'assemblage de toutes ces données grâce à un logiciel de VPP (Velocity Prediction Program) calculant l'équilibre des forces et des moments entre le "frein" de la carène, et le "moteur" du gréement, en fonction des différents angles et forces de vent. On obtient ainsi les fameuses polaires théoriques de performance du bateau. Nous travaillons ainsi au sein du design team de K-Challenge afin d'établir la corrélation entre un modèle théorique et des valeurs réelles enregistrées sur les bateaux existants. Cette juste corrélation permet d'utiliser ensuite un outil théorique précis, permettant de développer une nouvelle géométrie de carène et d'appendices, à moindre coût.

Guillaume Verdier

Guillaume Verdier, architecte naval, est diplômé de l'Université de Southampton. Il a effectué plusieurs campagnes de tests en bassin à Southampton et au sein des installations de la DGA Boulevard Victor à Paris. Merci à Erwan Jacquin, bassin d'essais des carènes / DGA

HISTORIQUE DES BASSINS DE CARENE

Les tests en bassin de carènes ont été initiés dès la fin du 19^e siècle. Leur histoire bassins est intimement liée à celle de William Froude (1810-1879). En 1871, le Capitain un bi-hélice en acier, mal conçu, coule dans le golfe de Gascogne entraînant vers la mort plus

de 500 personnes. Froude est alors déterminé à formuler de manière fiable la résistance de l'eau sur les carènes, ainsi qu'à en prédire leur stabilité. La méthode de test qu'il propose permettra ainsi d'anticiper de telles erreurs de conception. Suite à des

expériences de traction de modèles de coques sur la rivière Dart en Angleterre, un premier bassin des carènes est construit à Torquay. En France, le bassin B1, premier bassin des carènes français a été construit en 1906, Boulevard Victor à Paris (DGA). Il mesurait alors

160 m de long, et était utilisé pour des applications civiles et militaires de gros navires. En 1980, la construction du bassin d'essais des carènes du val de Reuil débute. C'est aujourd'hui le plus grand bassin européen avec ses 545 m de long, 15 m de large, 7m de fond et près de

60 000 m³ d'eau. Une plate-forme de 120 tonnes circulant sur rails est capable de trainer des modèles jusqu'à 12 m/s ! De plus on peut y générer une houle de plus de 1m permettant de tester le comportement des navires dans des situations extrêmes.